

## ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ ФЛАНЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ДИНАМИКУ РОТОРА ГТД

Зажарнов К.А.<sup>1</sup>, Аксёнов Е.В.<sup>2</sup>, Каплунов П.А.<sup>3</sup>  
 ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, [klim\\_zgr@mail.ru](mailto:klim_zgr@mail.ru)

*Ключевые слова: конечно-элементная модель, роторная динамика, жёсткость.*

Одними из причин превышения допустимого уровня вибраций жёстких роторов являются повышенный дисбаланс и нелинейность в опорных узлах и соединениях ротора. Целью данной работы является расчётное определение степени влияния фланцевого соединения компрессора и турбины жёсткого ротора на его динамику. Актуальность работы заключается, в том числе, в снижении трудоёмкости при исследовании ротора на предмет источников повышенной вибрации при его разборке. Расчётный анализ проведён на примере жёсткого ротора высокого давления (ВД) перспективного изделия. Статистически установлено, что для рассматриваемого изделия нормальный уровень виброскорости с частотой ротора ВД, отражающий его удовлетворительное техническое состояние, составляет ~10...15 мм/с. При стендовых испытаниях полноразмерного изделия периодически наблюдается повышенный уровень вибраций с частотой ротора ВД как на стационарных режимах до 22 мм/с (рис. 1а), так и на переходных неустановившихся до ~19 мм/с на частоте около 9100 об/мин (рис 1б).

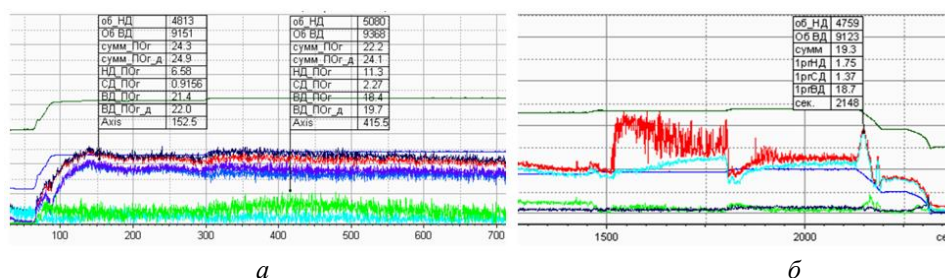


Рисунок 1 – Результаты слеящего анализа виброскорости роторов: а – повышенный уровень ВД на стационарном режиме; б – повышенный уровень ВД на переходном неустановившемся режиме

Относительно первого случая установлено, что причиной вибрации является повышенный остаточный дисбаланс ротора. Расчётно и экспериментально установлено, что для жёсткого ротора ВД опорные критические частоты на оборотах ротора, близких к 9100 об/мин, отсутствуют, поэтому причиной второго случая как раз и могут являться разного рода нелинейности, к источникам которых можно отнести опорные узлы ротора, а также соединения в роторе в случае наличия отклонений от конструкторской документации (КД) в части посадок и болтовых соединений ротора. Для расчётного анализа в первом приближении на динамической модели ротора ВД на собственных опорах в качестве предмета исследования рассмотрено фланцевое соединение компрессора и турбины (рис. 2) [1].

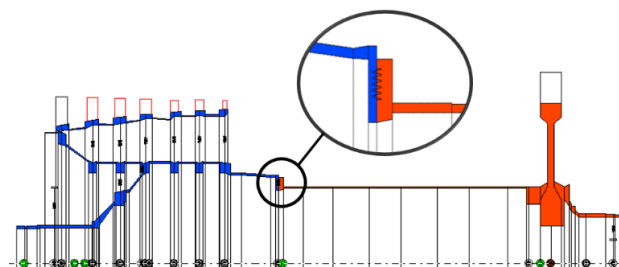


Рисунок 2 – Динамическая модель ротора ВД, фланцевое соединение

Для анализа динамики ротора ВД в общей постановке фланцевое соединение реализовано абсолютно жёстким. Для оценки жёсткости соединения сформирована расчётная модель участка (рис. 3) [2].

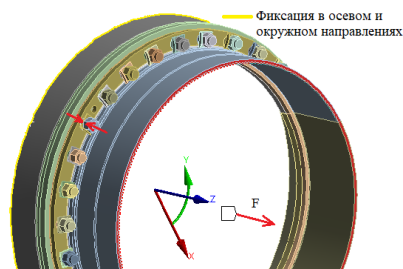


Рисунок 3 –Расчётная модель фланцевого соединения

Методами численного моделирования при рабочей температуре, посадках и затяжке болтов в соответствии с требованиями КД сформирована матрица жёсткости участка с последующей интеграцией в динамическую модель. Несмотря на существенно сниженную величину жёсткости, установлено незначительное влияние фланцевого соединения на опорные критические частоты, находящиеся в рабочем диапазоне. При внесении в модель остаточных дисбалансов по КД, с исходным и полученным расчётно значением жёсткости соединения АЧХ ротора практически идентичны.

В рамках данной работы проведено уточнение динамической модели ротора в части жёсткости фланцевого соединения. В результате расчётного исследования, при моделировании посадок и остаточных дисбалансов по КД, установлено незначительное влияние жёсткости предмета исследования на критические частоты и амплитуду возбуждения. При этом зафиксированные при испытаниях повышенные уровни вибраций на переходных режимах могут являться совокупностью нелинейных источников вибрации, поэтому в полученные результаты будут использованы в дальнейших исследованиях с учётом нелинейности в опорных узлах и других стыках ротора, центровки опор, а также влияния подобных соединений при моделировании гибкого ротора исследуемого изделия.

#### Список литературы

1. Макарычев А. С. Анализ влияния ослабления фланцевых соединений на критические частоты вращения ротора высокого давления газотурбинного двигателя / А. С. Макарычев, Д. А. Зайдуллин, Н. Н. Баляева // Сборник тезисов СГАУ. – 2016. – № 4. – С. 82-83.
2. Пыхалов А. А. Контактная задача статического и динамического анализа сборных роторов турбомашин: монография / А. А. Пыхалов, А. Е. Милов. – Иркутск : ИрГТУ, 2007. – 192 с.

#### Сведения об авторах

Зажарнов Клим Андреевич – инженер-конструктор 3 категории отдела прочности. Область научных интересов: прочность агрегатов двигателя, роторная динамика.

Аксёнов Евгений Вячеславович – начальник бригады отдела прочности. Область научных интересов: роторная динамика, динамика и прочность корпусов ГТД.

Каплунов Павел Андреевич – инженер-конструктор 3 категории отдела прочности. Область научных интересов: прочность статорных узлов, подшипников, роторная динамика.

## INFLUENCE OF THE FLANGE CONNECTION'S STIFFNESS ON THE GTE ROTOR DYNAMICS

Zazharnov K.A.<sup>1</sup>, Aksenov E.V.<sup>2</sup>, Kaplunov P.A.<sup>3</sup>  
PJSC «UEC-Kuznetsov», Samara, Russia, [klim\\_zgr@mail.ru](mailto:klim_zgr@mail.ru)

*Keywords: finite element model, rotor dynamics, stiffness*

One of the reasons for increased vibrations of rigid rotors is increased unbalance and non-linearity in the support nodes and joints of the rotor [1]. The purpose of this work is to calculate the degree of influence of the flange connection of the compressor and the rigid rotor turbine on its dynamics. The relevance of the work lies, among other things, in reducing the complexity in the study of the rotor for sources of increased vibration during its disassembly.